

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian oleh Y. Fan, H. Cui, Z. Lou, et al. yang berjudul “*Base solder voids identification of IGBT modules using case temperature*” menyatakan dalam penelitiannya bahwa untuk mengidentifikasi kasus rongga pada solderan menggunakan metode FEM (*Finite Element Method*) yaitu dengan cara meningkatkan suhu dan mendistribusikan pada pelat dasar sehingga panas merata keseluruhan modul IGBT [5].

Pada tahun 2024 dilakukan penelitian oleh X. Liu, M. Du, G. Ma, et al. dengan judul “*Monitoring Method of Solder Layer Void of IGBT Module Based on Dual-Branch Cauer Mode*” dalam penelitian ini menggunakan metode Cauer dalam proses memonitor kasus rongga pada solderan yaitu dengan cara mengukur resistansi termal modul IGBT dibawah fraksi rongga yang berbeda pada lapisan solder hasilnya menunjukkan bahwa resistansi termal total yang diukur dengan metode ini sangat dekat dengan resistansi termal total yang dihitung berdasarkan standart IEC, yang memverifikasi keakuratan dan kelayakan ekstraksi parameter model Cauer [6].

Pada penelitian Yeo S, Yoh H, Yeoh K. Industri pengemasan semikonduktor dalam beberapa tahun terakhir telah memperketat kriteria toleransi untuk rongga solder yang dapat diterima dalam paket semikonduktor karena

tingginya penggunaan dalam aplikasi otomotif. Pembuat komponen kemasan semikonduktor telah memperkuat kualitas sambungan solder dan konduktivitas listriknya dengan mengendalikan pengurangan ukuran rongga solder maksimum dari 10% - 15% menjadi 5% atau di bawah ukuran cetakan. Analisa EDX menunjukkan bahwa rongga solder terkompresi yang tersisa di solder diisi dengan zat padat berbasis karbon yang mungkin berasal dari residu fluks yang terperangkap. Pada penelitian ini mampu menghilangkan solder void dengan cara menerapkan suhu lebih dari 200⁰C dengan solder plate suhu rendah Pb37Sn63 yang dapat digunakan [7].

Pada website Infineon.com tepatnya pada bagian dokumen *Soldering of Econo and Easy Modules* dijelaskan bahwa berdasarkan standar internasional IEC proses pemanasan minimal 260⁰C dan proses untuk mengurangi terjadinya *solder voids* dapat menggunakan pompa hisap (*vacuum*) [8].

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Analisis

Analisis adalah aktivitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya. Dengan kata lain analisis adalah merupakan sekumpulan kegiatan, aktivitas dan proses yang saling

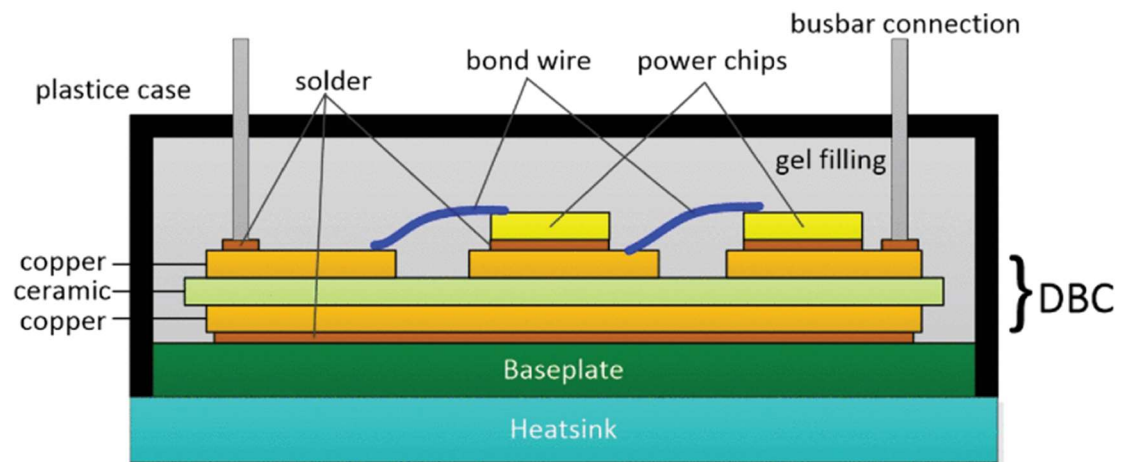
berkaitan untuk memecahkan masalah atau memecahkan komponen menjadi lebih detail dan digabungkan kembali lalu ditarik kesimpulan [9].

2.2.2. Metode

Metode adalah suatu cara teratur yang digunakan dalam melaksanakan suatu pekerjaan agar tercapai sesuai dengan yang dikehendaki. Cara kerjanya yang bersistem, dimaksudkan untuk memudahkan pelaksanaan suatu kegiatan guna mencapai tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Dari penjelasan tentang metode dapat disimpulkan bahwa metode disini berarti suatu proses atau tahap yang sudah diatur secara teratur sehingga proses dapat berjalan sesuai dengan prosedur [10].

2.2.3. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

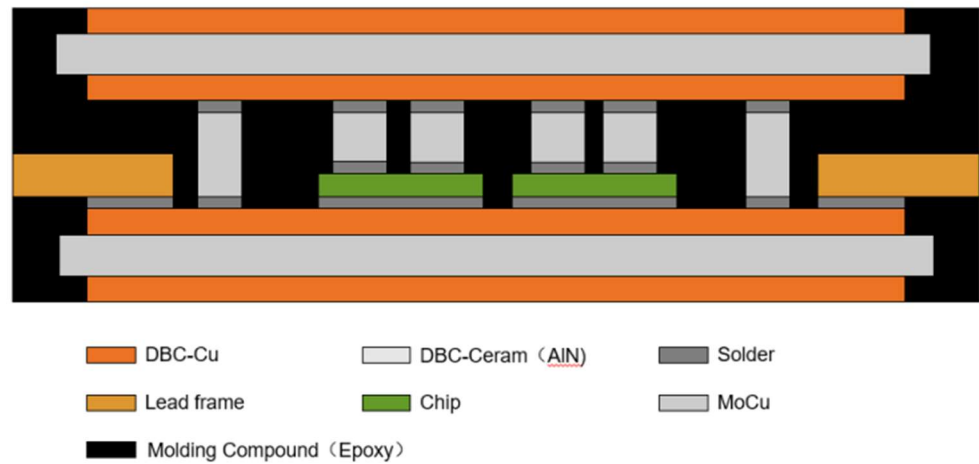
IGBT adalah sebuah perangkat semikonduktor yang digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik untuk mengontrol dan mengalirkan listrik. Modul IGBT biasanya digunakan dalam system dimana pengendalian arus dan tegangan tinggi diperlukan, seperti dalam konverter daya, inverter, dan pengendalian motor. Modul IGBT terdiri dari beberapa komponen yaitu DBC, Solder Plate, Base Plate dan Frame yang disusun menjadi satu sehingga membentuk sebuah modul IGBT [11].



Gambar 2.1 Susunan Modul IGBT

2.2.4. DBC (*Direct Bonding Copper*)

DBC adalah teknologi yang digunakan dalam pembuatan substrat untuk modul IGBT. Substrat DBC terdiri dari lapisan tembaga yang secara langsung diikat pada substrat keramik (biasanya alumina atau nitride aluminium). Teknologi ini digunakan untuk meningkatkan kinerja termal dan elektrik dari modul IGBT. Struktur Substrat DBC dibagi menjadi 2 lapisan yaitu Lapisan Tembaga dan Lapisan Keramik[12].



Gambar 2.2 Struktur DBC (*Direct Bonding Copper*)

2.2.5. Solder Pad

Solder pad adalah area pada permukaan DBC (*Direct Bonding Copper*) yang dirancang khusus untuk menghubungkan komponen elektronik melalui proses penyolderan. Solder pad biasanya berbentuk bulat atau persegi panjang dan terbuat dari lapisan tembaga yang dilapisi dengan bahan pelindung seperti solder mask. Solder pad berfungsi sebagai titik koneksi listrik antara komponen dan jalur pada DBC.

Solder pad yang sering digunakan pada modul IGBT berbahan SnAgCu mengacu pada pad penyolderan yang menggunakan paduan timah (Sn), perak (Ag), dan tembaga (Cu) sebagai bahan solder. Paduan ini dikenal sebagai SAC (*tin-silver-copper*) dan merupakan salah satu bahan solder bebas timbal yang paling umum digunakan dalam elektronik modern. SAC memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan solder

timah-timbal tradisional, tetapi menawarkan keunggulan dalam hal kekuatan dan keandalan sambungan solder [13].



Gambar 2.3 Solder Pad modul IGBT

2.2.6. Base Plate

Base plate adalah komponen struktural yang berada di bagian dasar modul dan memiliki beberapa fungsi penting dalam kinerja keseluruhan modul. Base plate berfungsi untuk mendukung manajemen termal dan stabilitas mekanis dari modul IGBT. Pada manajemen termal base plate bertindak sebagai konduktor termal yang efisien, membantu

menyebarkan panas yang dihasilkan oleh chip IGBT selama operasi ke heatsink atau system pendingin lainnya.

Bahan utama yang digunakan pada base plate adalah tembaga yang dipilih karena konduktivitas termalnya sangat baik, dan juga dilapisi oleh AlSiC atau material komposit yang terdiri dari aluminium (Al) yang diperkuat dengan partikel silicon karbida (SiC) dipilih karena dapat mengelola panas secara efisien, mengurangi stress termal, dan meningkatkan keandalan dan umur Panjang dari modul IGBT [14].



Gambar 2.4 Base Plate modul IGBT

2.2.7. Frame

Frame dalam modul IGBT adalah struktur pendukung yang melingkupi dan melindungi komponen internal modul, termasuk chip semikonduktor, sambungan solder, dan base plate. Frame ini tidak hanya memberikan perlindungan mekanis, tetapi juga membantu dalam manajemen termal dan memastikan integritas struktural modul selama operasi.

Frame pada modul IGBT biasanya terbuat dari bahan yang menawarkan kombinasi kekuatan mekanis, isolasi elektrik, dan kemampuan untuk menahan suhu tinggi. Bahan yang umum digunakan termasuk plastik diperkuat dengan serat kaca (GFRP), keramik, dan aluminium dengan lapisan isolasi. Bahan tersebut digunakan karena memiliki isolasi elektrik yang sangat baik, yang penting untuk mencegah arus pendek dan memastikan keselamatan operasional. Serat kaca pada bahan plastik memberikan kekuatan mekanis yang tinggi, tahan dari benturan, tidak mudah retak atau pecah dan tahan terhadap suhu tinggi yang dihasilkan selama operasi modul IGBT [15].



Gambar 2.5 Frame modul IGBT

2.2.8. Mesin VADU 300XL

Mesin Vadu 300XL adalah perangkat canggih yang digunakan untuk proses soldering yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan produksi elektronik modern, termasuk modul IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) [16]. Mesin Vadu 300XL memiliki system penyolderan yang dilengkapi dengan tiga ruang proses terpisah yaitu :

A. Pre-Heating

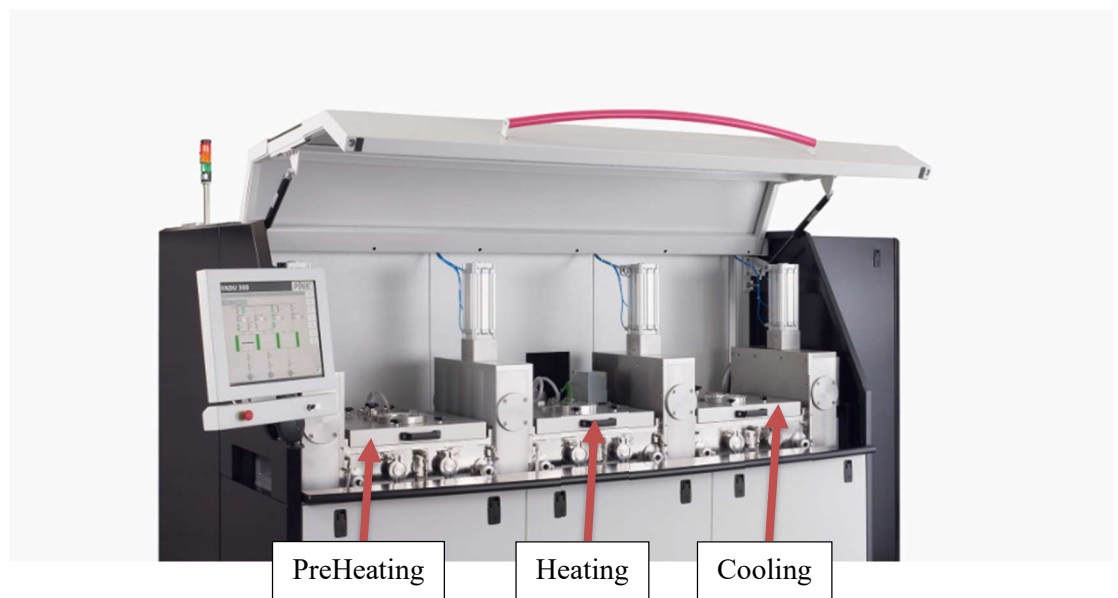
Proses PreHeating adalah proses pemanasan awal pada DBC sebelum proses soldering yang bertujuan untuk mengurangi thermal shock dan memastikan aliran solder yang optimal.

B. Heating

Proses Heating adalah proses pemanasan inti setelah proses preheating, pada tahap ini melibatkan pemanasan solder hingga suhu leleh yang tepat sehingga dapat menciptakan sambungan solder yang kuat pada DBC ke Base plate.

C. Cooling

Proses Cooling adalah proses pendinginan setelah proses pemanasan inti, pada tahap ini melibatkan pendinginan bertahap yang berfungsi untuk menghindari tegangan termal yang dapat menyebabkan retakan pada solderan.



Gambar 2.6 Mesin VADU 300XL

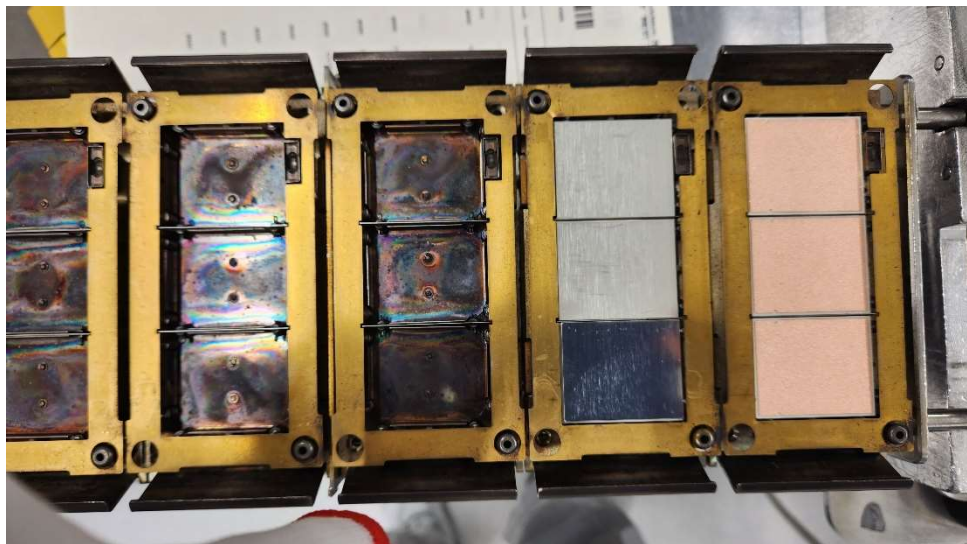
Tabel 2.1 Data Sheet Mesin Vadu 300XL

Type of system	Inline system
Number of vacuum chambers	3 chambers
Process area (W x D)	410 x 280 mm
Clearance height	max. 100 mm
Vacuum (standard)	≤ 2 mbar
Dimensions of the system (W x D x H)	2,410 x 1,610 x 1,800 mm
Dimensions of pumping unit	990 x 690 x 1,800 mm
Weight	2,000 kg (without pumping unit)
Power supply	3 x 400 V, 50/60 Hz
Power input	25 kVA
SMEMA interface	✓

2.2.9. Jig

Jig adalah suatu alat atau perangkat yang digunakan untuk memegang dan menyusun komponen DBC, solder pad, dan base plate dengan presisi tinggi selama proses perakitan modul IGBT. Bentuk dan ukuran Jig sudah dirancang untuk memastikan bahwa setiap komponen DBC ditempatkan dengan tepat pada posisi yang diinginkan pada modul.

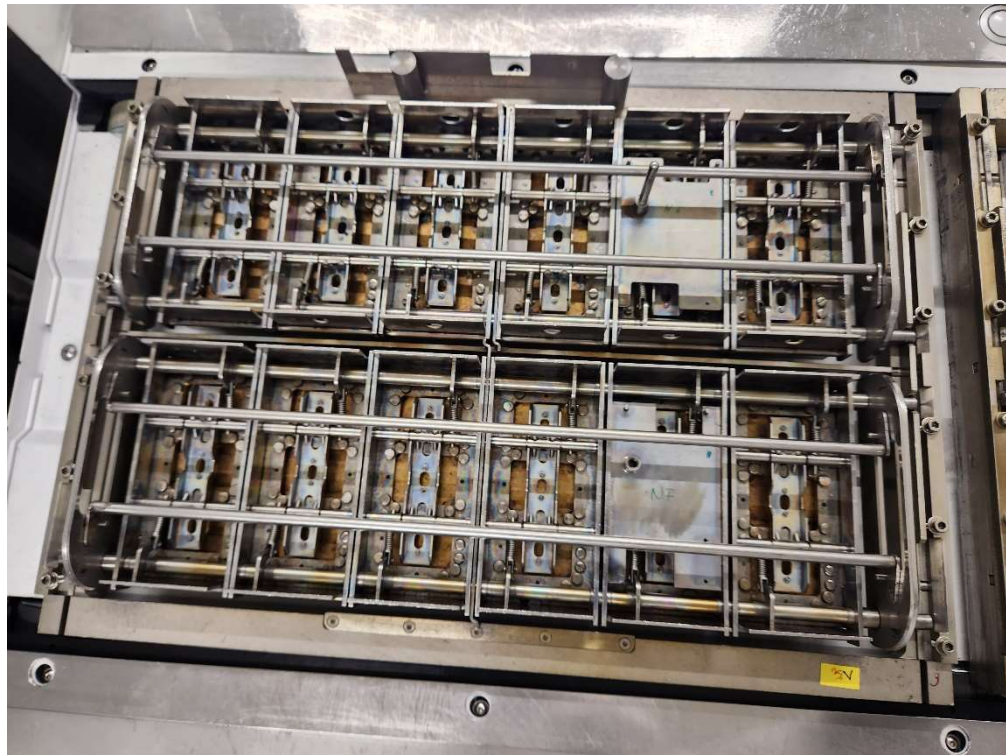
Selama proses soldering, komponen yang diposisikan dalam jig akan tetap stabil. Jig menahan komponen dengan kuat agar tidak bergerak atau tergeser akibat getaran atau pergerakan mesin soldering. Dengan menggunakan jig, setiap modul yang dirakit dapat memiliki kualitas dan konsistensi yang sama. Ini sangat penting dalam produksi massal, di mana setiap unit harus memenuhi standar kualitas yang sama.



Gambar 2.7 Jig atau Alat Bantu

2.2.10. Carrier Jig

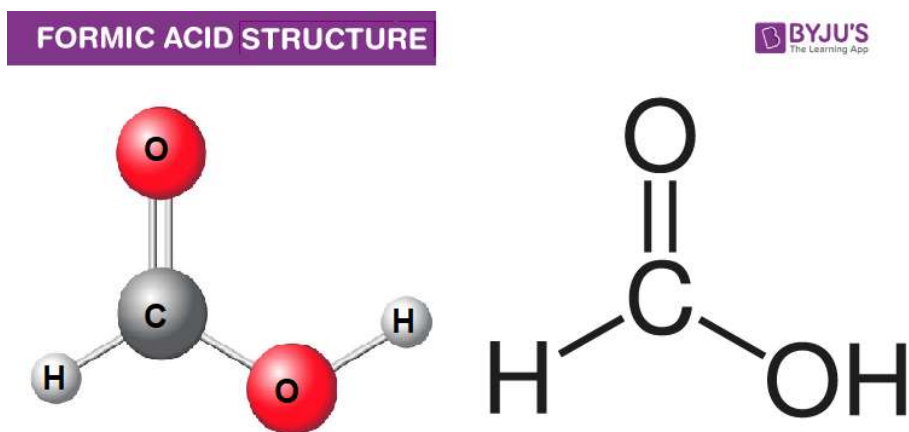
Carrier Jig adalah sebuah alat khusus atau komponen pendukung pada mesin Vadu 300XL yang digunakan untuk mengantarkan atau membawa Jig yang berisi kumpulan DBC, solder pad, dan base plate yang telah disusun menjadi suatu modul IGBT. Carrier Jig dirancang untuk mengangkut modul IGBT dengan aman dari satu tahap proses soldering ke tahap berikutnya dalam lini produksi. Ini memastikan modul tidak mengalami kerusakan fisik atau gangguan selama transportasi.



Gambar 2.8 Carrier Jig

2.2.11. Formic Acid

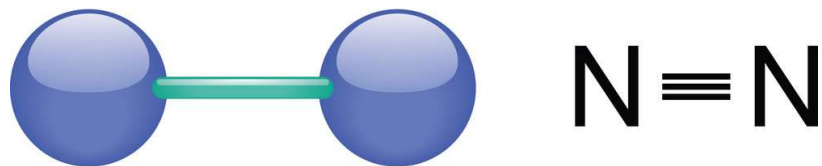
Formic Acid atau Asam Format yang juga dikenal dengan rumus kimia HCOOH adalah cairan tidak berwarna yang memiliki bau tajam sekitar sepuluh kali lebih kuat dari asam asetat. Asam Format memiliki titik didih 100.8°C (213.4°F) dan titik lebur 8.4°C (47.1°F) dalam pelarutannya sangat larut dalam air, serta larut dalam pelarut organik polar seperti hidrokarbon. Asam Format memiliki aplikasi potensial dalam penyolderan terutama pada industry elektronik, termasuk soldering modul IGBT. Asam Format digunakan untuk menghilangkan oksida dari permukaan logam sehingga meningkatkan kualitas sambungan solder [17].



Gambar 2.9 Struktur Formic Acid

2.2.12. Nitrogen

Nitrogen (N_2) adalah adalah suatu unsur kimia dalam table periodik yang memiliki lambang N dan nomor atom 7. Sifat dari Nitrogen adalah inert atau sangat stabil dan tidak reaktif karena memiliki ikatan rangkap tiga yang kuat antara dua atom nitrogen dalam molekul N_2 . Nitrogen ini tidak memiliki warna, tidak berbau dan tidak mudah terbakar. Dalam proses soldering sangat penting menggunakan nitrogen sebagai atmosfer untuk mengurangi atau menghilangkan oksigen di sekitar area soldering, yang mencegah terbentuknya oksida pada permukaan logam karena oksida pada suhu tinggi dapat menghambat aliran solder dan mengurangi kualitas sambungan solder [18].

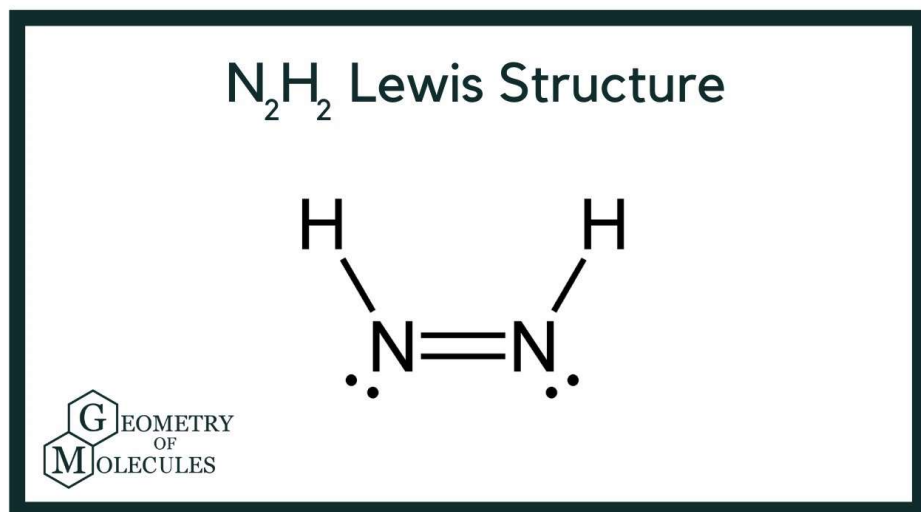


nitrogen

Gambar 2.10 Struktur Nitrogen (N_2)

2.2.13. Nitrogen Terhidrogenasi N₂H₂

N₂H₂ adalah campuran antara gas nitrogen (N₂) dan hydrogen (H₂) yang digunakan untuk menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan optimal pada saat proses penyolderan. Kombinasi antara N₂ dan H₂ dapat membantu mengurangi pembentukan void (rongga) dalam sambungan solder, sehingga menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan andal.



Gambar 2.11 Struktur N₂H₂

2.2.14. Vacuum Chamber

Vacuum Chamber adalah Sebuah wadah atau ruang yang tertutup rapat, di mana udara dan gas-gas lain dapat dikeluarkan menggunakan pompa vakum untuk menciptakan kondisi vacuum. Dalam pengaplikasian terhadap proses soldering, vacuum chamber berfungsi untuk mengeluarkan udara dan gas dari sekitar area soldering yang bertujuan untuk mengurangi terbentuknya *voids* (rongga) dalam sambungan solder yang bisa melemahkan koneksi [19].

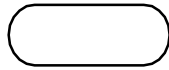
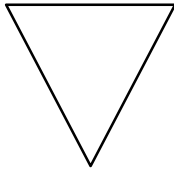


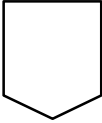

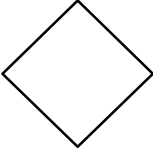
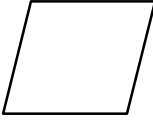
Gambar 2.12 Vacuum Chamber

2.2.15. Flowchart

Flowchart atau Diagram Alir adalah suatu representasi grafis yang menggambarkan urutan langkah – langkah eksekusi program dalam bentuk bagan. Bagan tersebut menggunakan simbol – simbol yang telah ditentukan untuk mengilustrasikan setiap langkah secara jelas dan terstruktur. Dengan begitu, flowchart dapat membantu untuk memberikan solusi terhadap masalah yang bisa saja terjadi dalam membangun sistem. Pada dasarnya, flowchart digambarkan dengan menggunakan simbol-simbol. Setiap simbol mewakili suatu proses tertentu. Sedangkan untuk menghubungkan satu proses ke proses selanjutnya digambarkan dengan menggunakan garis penghubung [20].

Tabel 2.2 Flowchart

No.	Simbol	Pengertian	Keterangan
1.		Mulai/berakhir (<i>Terminal</i>)	Digunakan untuk memulai, mengakhiri, atau titik henti dalam sebuah proses atau program, juga digunakan untuk menunjukkan pihak eksternal.
2.		Arsip	Arsip dokumen disimpan dan diambil secara manual. Huruf didalamnya menunjukkan cara pengurusan arsip: N= Nomor Urut, A = Urut Abjad, T = Urut Tanggal.

3.		Penghubung pada halaman berbeda	Menghubungkan bagan alir yang berada di halaman yang berbeda.
4.		Pemrosesan komputer.	Sebuah fungsi pemrosesan yang dilaksanakan oleh komputer biasanya menghasilkan perubahan terhadap data atau informasi.
5.		Keputusan.	Sebuah tahap pembuatan keputusan.
6.		<i>Input/Output;</i> Jurnal / Buku	Digunakan untuk menggabungkan berbagaimedia <i>input</i> dan <i>output</i> .